

### Korrekturverfahren für Zerspanungsmaschinen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung einer Abweichung zumindest einer Regelgröße von Zerspanungsmaschinen mit einem über eine Steuerung geregelten mechanischen Antrieb für ein Werkzeug und/oder ein Werkstück, wobei die Regelung mehrere Werte  $C$ ,  $X$ ,  $Z$  von mindestens drei Raumachsen  $c$ ,  $x$ ,  $z$  für die Steuerung und für den Antrieb aufweist und die Werte  $C$ ,  $X$ ,  $Z$  bezüglich der Achsen  $c$ ,  $x$ ,  $z$  einen funktionellen Zusammenhang in der Art  $Z = f_{bi}(C, X)$  aufweisen.

Es ist insbesondere von laufenden Herstellungsprozessen bereits allgemein bekannt, die von einer Steuerung berechneten oder vorgegebenen Soll-Größen mit den Ist-Größen des Werkzeugs zu vergleichen, um so eine Anpassung der Ist-Größen vorzunehmen. Ähnliches beschreibt auch die CH 425 958. Bei hochdynamischen Prozessen mit mehreren miteinander funktionell verknüpften Achsen ist dieses Regelungsverfahren jedoch nicht anwendbar, da zum Beispiel von dem Zeitpunkt der Abgabe der Soll-Größe von der Steuerung an den Antrieb an bis dem Zeitpunkt der tatsächlichen Positionierung des Antriebs etwa vier Arbeits- und Rechentakte vollzogen worden sind. Die Steuerung gibt in der Regel zudem einen Vorsteuerwert separat vor, der die Einstellungen des Antriebs bzw. den Steuerstrom des Antriebs in gewünschter Weise beeinflusst. Damit sind die Soll-Größen und die jeweiligen Ist-Größen nicht mehr zuzuordnen bzw. zu vergleichen.

Bisher hat man das Werkstück nach der Herstellung optisch oder mechanisch vermessen und so auf etwaige Abweichungen beim Herstellungsprozess geschlossen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bearbeitungsverfahren derart auszubilden und anzuordnen, dass eine optimale Darstellung der Abweichung zwischen dem Soll-Wert und dem tatsächlich generierten Werkstück-Wert gewährleistet ist.

Gelöst wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch, dass aus mehreren durch Messmittel erfasste Steuerungs-Ist-Werten ( $C_{p,s}$ ,  $X_{p,s}$ ,  $Z_{p,s}$ ) und/oder ausgelesene Antriebs-Ist-Werten ( $C_{p,a}$ ,  $X_{p,a}$ ,  $Z_{p,a}$ ) ein Protokoll erstellt wird und zumindest bezüglich der z-Achse ein Steuerungs-Soll-Wert nach  $Z_{bi,s} = f_{bi} (C_{p,s}, X_{p,s})$  und/oder ein Antriebs-Soll-Wert nach  $Z_{bi,a} = f_{bi} (C_{p,a}, X_{p,a})$  berechnet wird, wobei zumindest bezüglich der z-Achse ein Steuerungs-Differenzwert nach  $D_{z,s} = Z_{p,s} - Z_{bi,s}$  und/oder ein Antriebs-Differenzwert nach  $D_{z,a} = Z_{p,a} - Z_{bi,a}$  berechnet wird. Entsprechendes ist für die c-Achse und die x-Achse vorgesehen. Es ist zu beachten, dass zur Berechnung des Soll-Wertes wie z. B.  $Z_{bi,a}$  der jeweilige Protokollwert, also der Ist-Wert wie z. B.  $C_{p,a}$  und  $X_{p,a}$  verwendet wird.

Hierdurch wird erreicht, dass der Ist-Wert einer Achse mit dem berechneten Soll-Wert dieser Achse auf der Basis der Ist-Werte der anderen Achsen unter Einbeziehung deren funktionellen Zusammenhangs  $f_{bi}$  verglichen wird. Dieser Ist-Wert kommt dem tatsächlichen Wert, wie er gegebenenfalls nur vereinzelt durch ein nachträgliches Messverfahren, zum Beispiel durch mechanisches Abtasten oder durch ein optisches Messverfahren wie ein Hologramm, ermittelt werden könnte, sehr nahe. Die geringe Anzahl von

Messpunkten beim mechanischen Abtasten lässt ohnehin keine Auswertung von kleinen Fehlern zu, die beispielsweise aus dem Haftreibungsverhalten eines defekten Maschinenachsenlagers hervorgerufen werden, da eine solche Auflösung nicht möglich ist. Daneben ist das optische Messverfahren äußerst aufwendig und langwierig, so dass die Anzahl verschiedener Werkstücke bzw. die Herstellungsvariation sehr begrenzt ist.

Dabei ist es vorgesehen, dass mindestens eine Raumachse als translatorische Raumachse  $x$ ,  $z$  und mindestens eine Raumachse als rotatorische Raumachse  $c$  ausgebildet sein kann.

Vorteilhaft ist es hierzu auch, dass zumindest für den Antrieb und die  $z$ -Achse ein Schlepp-Differenzwert nach  $D_{z,a}^{\Phi} = Z_{p,a} - Z_{bi,a}^{\Phi}$  mit  $Z_{bi,a}^{\Phi} = f_{bi}(C_{p,a} + \Delta\Phi, X_{p,a})$  ermittelt wird, wobei der Wert  $\Delta\Phi$  einer Phasenverschiebung der  $c$ -Achse entspricht. Somit bleibt der Einfluss einer kontinuierlichen bzw. konstanten Phasenverschiebung  $\Delta\Phi$  der  $c$ -Achse bei der Qualitätsbestimmung des Schneidvorgangs unberücksichtigt. Diese Phasenverschiebung  $\Delta\Phi$  führt letztlich lediglich zu einer Verdrehung der generierten Linsenkontur ausgehend von einer theoretischen Anfangsposition, wobei die Verdrehung durch eine Korrektur der Einbauposition der so hergestellten Linse ausgeglichen wird.

Eine zusätzliche Möglichkeit ist gemäß einer Weiterbildung, dass die Phasenverschiebung  $\Delta\Phi$  zwischen  $0,5^{\circ}$  und  $3^{\circ}$ , insbesondere  $1,0^{\circ}$  beträgt, wobei die Ermittlung von  $Z_{bi,a}^{\Phi}$  zwischen  $+\Delta\Phi$  und  $-\Delta\Phi$  mit einer Schrittgröße zwischen  $0,05^{\circ}$  und  $0,2^{\circ}$ , insbesondere von  $0,1^{\circ}$  erfolgt. Damit ist eine

ausreichende Auflösung zur Erkennung eines Schleppfehlers gegeben.

Ferner ist es vorteilhaft, dass zumindest aus den Differenzwerten  $D_z$  und/oder den Schlepp-Differenzwerten  $D_{z,a}^\varphi$  zumindest der z-Achse je ein peak-to-valley Wert für die Steuerung nach  $ptv_{z,s} = D_{z,s,max} - D_{z,s,min}$  und für den Antrieb nach  $ptv_{z,a} = D_{z,a,max} - D_{z,a,min}$  berechnet wird, wobei  $D_{z,min}$  dem minimalen und  $D_{z,max}$  dem maximalen Differenzwert der jeweiligen Messung und der jeweiligen Position der c-Achse unter Berücksichtigung von  $\pm\Delta\varphi$  entspricht. Entsprechendes ist auch für die anderen Achsen vorgesehen.

Vorteilhaft ist es auch, dass zumindest für den Antrieb und zumindest bezüglich der z-Achse ein Fehler-Differenzwert nach  $D_{z,a}^f = Z_{p,a} - Z_{bi,a}^f$  mit  $Z_{bi,a}^f = f_{bi}(C_{p,s}, X_{p,s})$  ermittelt wird. Der Fehler-Differenzwert  $D_{z,a}^f$  gilt dabei als Maß für die Abweichung des jeweiligen Schneidprozesses, der auch das Erkennen von weiteren Maschineneinflussgrößen wie Lagerfehler ermöglicht. Entsprechendes ist auch für die Steuerung und die jeweiligen anderen Achsen vorgesehen.

Dabei ist es vorgesehen, dass die Funktion  $f_{bi}$  einen 3-D bikubischen Flächenspline und/oder Spiralspline darstellt. Durch die an jedem Gitterpunkt des Flächensplines bekannten Polynomkoeffizienten kann jeder beliebige Punkt im Gitter des Flächensplines berechnet werden. Der Spiralspline wird ausgehend von verschiedenen Gitter-Punkten des Flächensplines über die Polynomkoeffizienten berechnet.

Von Bedeutung ist für die vorliegende Erfindung, dass die Differenzwerte  $D_z$ , die Schlepp-Differenzwerte  $D_{z,a}^\varphi$  und/oder der Ist-Wert  $Z_p$  zumindest der z-Achse dargestellt werden, wobei zumindest die Darstellung von  $D_{z,ptv}$  und/oder  $D_{z,a}^\varphi_{ptv}$

mit dem jeweils kleinsten  $ptv_z$ -Wert erfolgt. Die anderen Messwerte, denen eine andere Phasenverschiebung  $\Delta\phi$  bzw. ein anderer Schleppfehler der c-Achse zugrunde liegt, werden dabei wie oben beschrieben vernachlässigt. Dieser Phasenverschiebung  $\Delta\phi$  kann durch die Einbauposition Rechnung getragen werden. Entsprechendes ist auch für die Steuerung und die jeweiligen anderen Achsen vorgesehen.

Im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Ausbildung und Anordnung ist es von Vorteil, dass die Größe und/oder die Abweichung zumindest des Differenzwertes  $D_z, p_{tv}$ ,  $D_z^{\phi}$  und/oder des Ist-Wertes  $Z_p$  über der jeweiligen Werkstückposition dargestellt wird. Die Darstellung kann dabei über eine Umfangsline und/oder eine Umfangsspirale unter Angabe des Winkels und des Radius erfolgen.

Vorteilhaft ist es ferner, dass bei der Darstellung des Differenzwertes  $D_z$ ,  $D_z^{\phi}$  zwischen negativen und positiven Differenzwerten  $D_z$ ,  $D_z^{\phi}$  optisch unterschieden wird. Dabei ist es besonders vorteilhaft, dass positive und/oder negative Differenzwerte  $D_z$ ,  $D_z^{\phi}$  ihrem Betrag nach mit unterschiedlichen Farbtönen in der dem Betrag entsprechenden Intensität optisch abgestuft werden. Positive Differenzwerte  $D_z$ ,  $D_z^{\phi}$  könnten dabei ihrem Betrag nach beispielsweise von gelb nach rot abgestuft werden und negative Differenzwerte  $D_z$ ,  $D_z^{\phi}$  ihrem Betrag nach von grün nach blau. Andere Farbstufen sind auch vorgesehen. Daneben ist eine Abstufung durch verschiedene Muster in der Art des Ausführungsbeispiels vorgesehen.

Ferner ist es vorteilhaft, dass eine überlagerte Darstellung des Differenzwertes  $D_z$ ,  $D_z^{\phi}$  und des Ist-Wertes  $Z_p$  vorgesehen ist, wobei der jeweilige Maßstab für

beide Werte unterschiedlich ist. Während sich der absolute Ist-Wert  $Z_p$  im Bereich von mehreren Millimetern bewegt, liegen die Differenzwerte  $D_z$ ,  $D_z^q$  bei Mikrometern, also um den Faktor 1000 niedriger. Die Darstellung gemäß Figur 2 ist dabei dennoch aussagekräftig.

Daneben ist es von Vorteil, dass für eine oder mehrere andere Achsen  $x$ ,  $c$  die Soll-Werte  $C_{bi}$ ,  $X_{bi}$ , die Differenzwerte  $D_c$ ,  $D_x$ , der peak-to-valley Wert  $ptv_c$ ,  $ptv_x$ , der Fehler-Differenzwert  $D_c^f$ ,  $D_x^f$  und/oder der Schlepp-Differenzwert  $D_c^q$ ,  $D_x^q$  für die Steuerung und/oder für den Antrieb berechnet werden. Somit ist eine umfassende Auswertung des Schneidergebnisses möglich.

Schließlich ist es von Vorteil, dass bei der spanenden Bearbeitung des Werkstücks neben einem Hauptschnitt und einem optionalen Feinschnitt zusätzlich ein Korrekturschnitt, zumindest unter Verwendung der Differenzwerte  $D_z$ ,  $D_z^q$  vorgesehen ist. Neben der Möglichkeit, das vorgehend beschriebene Verfahren zur Einstellung der verschiedenen Parameter der Zerspanungs- bzw. Schneidemaschine zu nutzen, kann nach einem Hauptschnitt, der in der Regel das Ende der schneidenden Bearbeitung darstellt, zusätzlich ein Korrekturschnitt vorgesehen werden. Durch den Korrekturschnitt können dann zumindest die positiven Abweichungen des Werkstücks nachträglich spanend bearbeitet werden.

Besonders vorteilhaft ist es hierzu auch, dass das vorgehend genannte Verfahren für eine Zerspanungsmaschine zum Herstellen von optischen Linsen aus Kunststoff eingesetzt wird.

Letztlich ist es von Vorteil, dass die Werte  $C$ ,  $X$ ,  $Z$  der Achsen  $c$ ,  $x$ ,  $z$  in das kartesische Koordinatensystem oder in das Polarkoordinatensystem umgerechnet werden. Der Wechsel zwischen verschiedenen Koordinatensystemen ermöglicht den Umgang mit den verschiedensten Kunden- und Herstellerdaten.

Dabei ist es vorteilhaft, dass ausgehend von einem theoretischen Schneidpunkt eines ideellen punktförmigen Werkzeugs die Werte  $C$ ,  $X$ ,  $Z$  der Achsen  $c$ ,  $x$ ,  $z$  für den Einsatz eines kreisförmigen Schneidplättchens umgerechnet werden, wobei das kreisförmige Schneidplättchen einen Mittelpunkt aufweist, der dem theoretischen Schneidpunkt entspricht. Diese sogenannten off-set-Daten stellen die Grundlage für den oben genannten Flächenspline dar, der damit die off-set-Fläche bestimmt, die als Grundlage für den Spiralspline dient.

Hierbei ist es vorteilhaft, dass zumindest ein Differenzwert  $D_{z,a}$  und/oder ein Schlepp-Differenzwert  $D_{z,a}^p$  als Ausschlusskriterium für die Steuerungs-Ist-Werte ( $C_{p,s}$ ,  $X_{p,s}$ ,  $Z_{p,s}$ ) und/oder als Einstellungskriterium für die verschiedenen Maschinenparameter bzw. die Maschinensteuerung verwendet wird.

Die Erfindung betrifft auch eine Zerspanungsmaschine mit einem über eine Steuerung geregelten mechanischen Antrieb für ein Werkzeug und/oder ein Werkstück, wobei die Regelung mehrere Werte  $C$ ,  $X$ ,  $Z$  von mindestens drei Raumachsen  $c$ ,  $x$ ,  $z$  für die Steuerung und für den Antrieb aufweist und zur Bestimmung der Abweichung der Regelgrößen das vorstehend beschriebene Verfahren Anwendung findet.

Dabei ist es vorteilhaft, dass eine Ausgabeeinheit für die Darstellung der vorgehend beschriebenen Werte, insbesondere

der Differenzwerte  $D_{z,a}$  und/oder der Schlepp-Differenzwerte  $D_{z,a}^{\phi}$  vorgesehen ist.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sind in den Patentansprüchen und in der Beschreibung erläutert und in den Figuren dargestellt. Es zeigt:

Figur 1 eine Darstellung der Differenzwerte einer Linsenoberfläche;

Figur 2 die Darstellung des z-Wertes mit der Darstellung des entsprechenden Differenzwertes.

Ein in Figur 1 dargestelltes Werkstück bzw. eine optische Linse 1 weist eine von der Soll-Oberfläche abweichende und insoweit fehlerbehaftete Ist-Oberfläche auf.

Ausgehend von einer nicht dargestellten Soll-Oberfläche besitzt die hier dargestellte Oberfläche verschiedene Gebiete 2.1 - 2.3, 3.1 - 3.3, in denen der Ist-Wert von dem theoretischen Soll-Wert abweicht. Dabei handelt es sich bei den mit 2.1 - 2.3 gekennzeichneten Gebieten, also den gepunkteten Flächen, um positive Abweichungen 2 vom Soll-Wert und bei den Gebieten 3.1 - 3.3, also den kariert gekennzeichneten Gebieten, um negative Abweichungen 3 vom Soll-Wert.

Neben der grundsätzlichen Unterscheidung zwischen positiven 2.1 - 2.3 und negativen 3.1 - 3.3 Abweichungen, also positiven und negativen Differenzwerten, werden die jeweiligen Differenzwerte auch dem Betrag nach abgestuft. So finden sich die positiven Differenzwerte betreffend neben den Gebieten mit einer Abweichung 1. Grades (2.1) auch Gebiete mit einer Abweichung 2. Grades (2.2) sowie 3. Grades (2.3). Bei den verschiedenen Abstufungsgraden

handelt es sich bei dieser Darstellungsweise mit grundsätzlich getrennten unterschiedlichen Mustern um verschiedene Abweichungswertbereiche, die dem jeweiligen Abweichungsgrad zumindest optisch zugeordnet werden. Bei einer hier nicht dargestellten farblichen Abstufung sind die verschiedenen Abweichungsgrade weniger digitalisiert bzw. fließend ineinander übergehend.

In entsprechender Weise sind bei den negativen Differenzwerten, kariert dargestellt, ebenfalls Gebiete mit Abweichungen 1. Grades (3.1), Abweichungen 2. Grades (3.2) und Abweichungen 3. Grades (3.3) gegeben.

In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel ist es ebenfalls vorgesehen, weitere über diese Abweichungsgrade hinausgehende digitalisierte Abweichungsgrade vorzusehen, die eine höhere Auflösung dieser Differenzwertstruktur gewährleisten.

Das in Figur 2 dargestellte Schaubild zeigt den z-Wert 4 der in Figur 1 dargestellten Linse 1 zum einen absolut (oberes Schaubild) und zum anderen den jeweiligen Differenzwert zum Soll-Wert (unteres Schaubild). In beiden Darstellungen ist aufgrund der sehr unterschiedlichen Größe des z-Wertes 4 sowie des Differenzwertes dem Betrag nach eine unterschiedliche Skalierung vorgesehen. Dem hier dargestellten z-Wert 4 ist ein Außenradius von 30,621 mm zugrunde gelegt, also nahe am Rand der Linse mit einem Durchmesser von ca. 60 mm. Ausgehend von einem Anfangswert 0,0, der dem unbearbeiteten Rohling zugrunde liegt, verläuft der hier gezeigte Ist-z-Wert 4 in einem Bereich zwischen 3,723 mm und 5,194 mm unterhalb des ehemaligen 0-Niveaus. Der entsprechende Differenzwert, also der Abweichungswert des dargestellten Ist-z-Wertes 4 verläuft

dabei zwischen 7,9  $\mu\text{m}$  oberhalb und 7,8  $\mu\text{m}$  unterhalb des Soll-z-Wertes 4. In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel ist eine überlagerte Darstellung der beiden Werte zumindest über einen Teilbereich und mit ausreichender Skalierung vorgesehen.

Bezugszeichenliste

- 1 Werkstück
- 2 positive Abweichung
  - 2.1 positive Abweichung 1. Grades
  - 2.2 positive Abweichung 2. Grades
  - 2.3 positive Abweichung 3. Grades
- 3 negative Abweichung
  - 3.1 negative Abweichung 1. Grades
  - 3.2 negative Abweichung 2. Grades
  - 3.3 negative Abweichung 3. Grades
- 4 z-Wert

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Abweichung zumindest einer Regelgröße von Zerspanungsmaschinen mit einem über eine Steuerung geregelten mechanischen Antrieb für ein Werkzeug und/oder ein Werkstück (1), wobei die Regelung mehrere Werte  $C$ ,  $X$ ,  $Z$  bezüglich mindestens dreier Raumachsen  $c$ ,  $x$ ,  $z$  für die Steuerung und für den Antrieb regelt und die Werte  $C$ ,  $X$ ,  $Z$  bezüglich der Achsen  $c$ ,  $x$ ,  $z$  einen funktionellen Zusammenhang  $f_{bi}$  in der Form  $Z = f_{bi}(C, X)$  aufweisen,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass
  - a) mit mehreren durch Messmittel erfassten  
Steuerungs-Ist-Werten ( $C_{p,s}$ ,  $X_{p,s}$ ,  $Z_{p,s}$ )  
und/oder  
Antriebs-Ist-Werten ( $C_{p,a}$ ,  $X_{p,a}$ ,  $Z_{p,a}$ )  
ein Protokoll erstellt wird,
  - b) zumindest bezüglich der  $z$ -Achse ein  
Steuerungs-Soll-Wert nach  

$$Z_{bi,s} = f_{bi}(C_{p,s}, X_{p,s})$$
und/oder ein  
Antriebs-Soll-Wert nach  

$$Z_{bi,a} = f_{bi}(C_{p,a}, X_{p,a})$$
berechnet wird,
  - c) zumindest bezüglich der  $z$ -Achse ein  
Steuerungs-Differenzwert nach  

$$D_{z,s} = Z_{p,s} - Z_{bi,s}$$
und/oder ein  
Antriebs-Differenzwert nach  

$$D_{z,a} = Z_{p,a} - Z_{bi,a}$$
berechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
 dass zumindest für den Antrieb und die z-Achse ein  
 Schlepp-Differenzwert nach

$$D_{z,a}^{\varphi} = Z_{p,a} - Z_{bi,a}^{\varphi}$$

mit

$$Z_{bi,a}^{\varphi} = f_{bi} (C_{p,a} + \Delta\varphi, X_{p,a})$$

ermittelt wird, wobei der Wert  $\Delta\varphi$  einer  
 Phasenverschiebung der c-Achse entspricht.

3. Verfahren nach Anspruch 2,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
 dass die Phasenverschiebung  $\Delta\varphi$  zwischen  $0,5^{\circ}$  und  $3^{\circ}$ ,  
 insbesondere  $1,0^{\circ}$  beträgt, wobei die Ermittlung von  
 $Z_{bi,a}^{\varphi}$  zwischen  $+\Delta\varphi$  und  $-\Delta\varphi$  mit einer Schrittgröße  
 zwischen  $0,05^{\circ}$  und  $0,2^{\circ}$ , insbesondere von  $0,1^{\circ}$  erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
 dass zumindest aus den Differenzwerten  $D_z$  und/oder den  
 Schlepp-Differenzwerten  $D_{z,a}^{\varphi}$  zumindest der z-Achse je  
 ein peak-to-valley Wert für die Steuerung nach

$$ptv_{z,s} = D_{z,s,max} - D_{z,s,min}$$

und für den Antrieb nach

$$ptv_{z,a} = D_{z,a,max} - D_{z,a,min}$$

berechnet wird, wobei  $D_{z,min}$  dem minimalen und  $D_{z,max}$  dem  
 maximalen Differenzwert der jeweiligen Messung und der  
 jeweiligen Position  $\varphi, +\Delta\varphi$  und  $-\Delta\varphi$  der c-Achse  
 entspricht.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest für den Antrieb und zumindest bezüglich der z-Achse ein Fehler-Differenzwert nach

$$D_{z,a}^f = Z_{p,a} - Z_{bi,a}^f$$

mit

$$Z_{bi,a}^f = f_{bi} (C_{p,s}, X_{p,s})$$

ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktion  $f_{bi}$  einen bikubischen Flächenspline und/oder Spiralspline darstellt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenzwerte  $D_z$ , die Schlepp-Differenzwerte  $D_{z,a}^{\varphi}$  und/oder der Ist-Wert  $Z_p$  zumindest der z-Achse dargestellt werden, wobei zumindest die Darstellung von  $D_{z,ptv}$  und/oder  $D_{z,a}^{\varphi}_{ptv}$  mit dem jeweils kleinsten  $ptv_z$ -Wert erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe und/oder die Abweichung zumindest des Differenzwertes  $D_{z,ptv}$ ,  $D_{z,a}^{\varphi}_{ptv}$  und/oder des Ist-Wertes  $Z_p$  über der jeweiligen Werkstückposition dargestellt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass bei der Darstellung des Differenzwertes  $D_z$ ,  $D_z^{\Phi}$   
zwischen negativen (3) und positiven (2)  
Differenzwerten  $D_z$ ,  $D_z^{\Phi}$  und/oder nach dem  
Betrag (3.1 - 3.3, 2.1 - 2.3) der Differenzwerte  $D_z$ ,  $D_z^{\Phi}$   
optisch unterschieden wird.
10. Verfahren nach Anspruch 6 bis 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass positive (2) und/oder negative (3)  
Differenzwerte  $D_z$ ,  $D_z^{\Phi}$  ihrem Betrag (3.1 - 3.3, 2.1 -  
2.3) nach mit unterschiedlichen Farbtönen und/oder dem  
Betrag (3.1 - 3.3, 2.1 - 2.3) der Differenzwerte  $D_z$ ,  $D_z^{\Phi}$   
nach mit unterschiedlichen Farbtonintensitäten optisch  
abgestuft werden.
11. Verfahren nach Anspruch 6 bis 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass eine überlagerte Darstellung des  
Differenzwertes  $D_z$ ,  $D_z^{\Phi}$  und des Ist-Wertes  $Z_p$  vorgesehen  
ist, wobei der jeweilige Maßstab für beide Werte  
unterschiedlich ist.
12. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass für eine oder mehrere andere Achsen  $x$ ,  $c$  die Soll-  
Werte  $C_{bi}$ ,  $X_{bi}$ , die Differenzwerte  $D_c$ ,  $D_x$ , der peak-to-  
valley Wert  $ptv_c$ ,  $ptv_x$ , der Fehler-Differenzwert  $D_c^f$ ,  $D_x^f$   
und/oder der Schlepp-Differenzwert  $D_c^{\Phi}$ ,  $D_x^{\Phi}$  für die  
Steuerung und/oder für den Antrieb berechnet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei der spanenden Bearbeitung des Werkstücks (1)  
neben einem Hauptschnitt und einem optionalen  
Feinschnitt zusätzlich ein Korrekturschnitt, zumindest  
unter Verwendung der Differenzwerte  $D_z$ ,  $D_z^\varphi$  vorgesehen  
ist.
14. Verfahren für eine Zerspanungsmaschine zum Herstellen  
von optischen Linsen aus Kunststoff nach einem der  
Ansprüche 1 bis 12.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Werte  $C$ ,  $X$ ,  $Z$  der Achsen  $c$ ,  $x$ ,  $z$  in das  
kartesische Koordinatensystem oder in das  
Polarkoordinatensystem umgerechnet werden.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ausgehend von einem theoretischen Schneidpunkt  
eines ideellen punktförmigen Werkzeugs die  
Werte  $C$ ,  $X$ ,  $Z$  der Achsen  $c$ ,  $x$ ,  $z$  für den Einsatz eines  
kreisförmigen Schneidplättchens umgerechnet werden,  
wobei das kreisförmige Schneidplättchen einen  
Mittelpunkt aufweist, der dem theoretischen  
Schneidpunkt entspricht.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zumindest ein Differenzwert  $D_{z,a}$  und/oder ein  
Schlepp-Differenzwert  $D_{z,a}^\varphi$  als Ausschlusskriterium für  
die Steuerungs-Ist-Werte ( $C_{p,s}$ ,  $X_{p,s}$ ,  $Z_{p,s}$ ) und/oder als  
Einstellungskriterium für die verschiedenen  
Maschinenparameter verwendet wird.

18. Zerspanungsmaschine mit einem über eine Steuerung geregelten mechanischen Antrieb für ein Werkzeug und/oder ein Werkstück (1), wobei die Regelung mehrere Werte C, X, Z von mindestens drei Raumachsen c, x, z für die Steuerung und für den Antrieb aufweist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zur Bestimmung der Abweichung der Regelgrößen ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 Anwendung findet.
19. Zerspanungsmaschine nach Anspruch 17, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine Ausgabeeinheit für die Darstellung der Werte gemäß einer der Ansprüche 6 bis 11 vorgesehen ist.

1 (1)

Fig.1

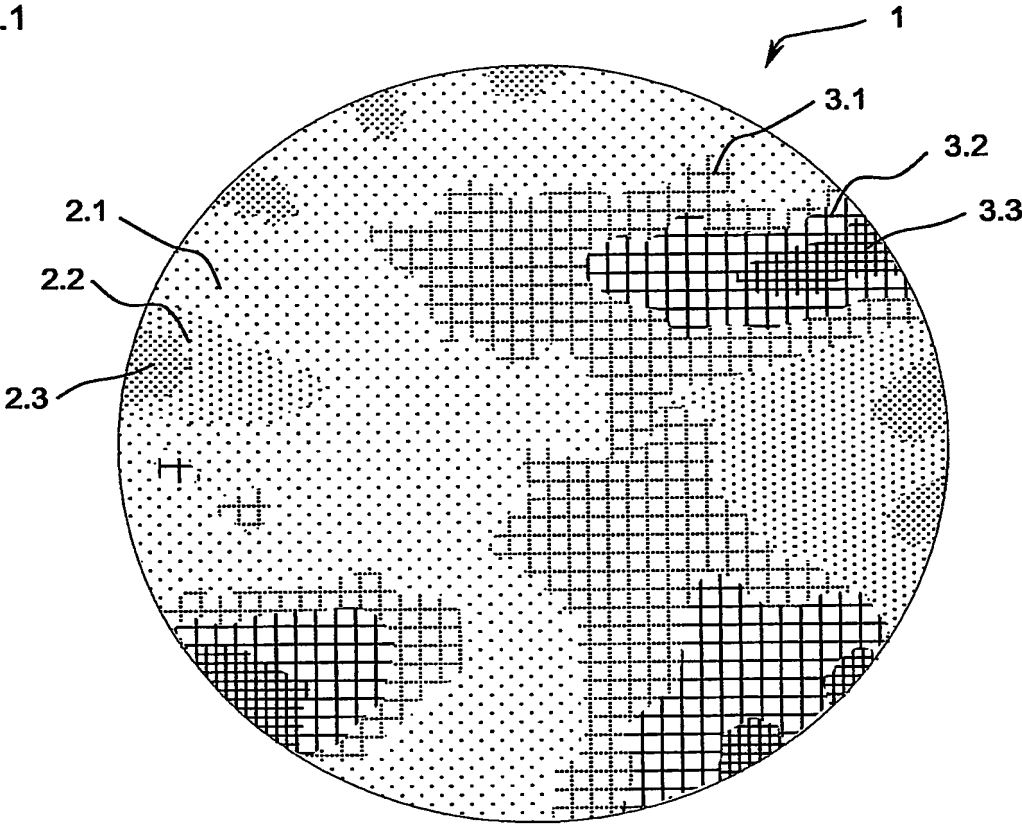
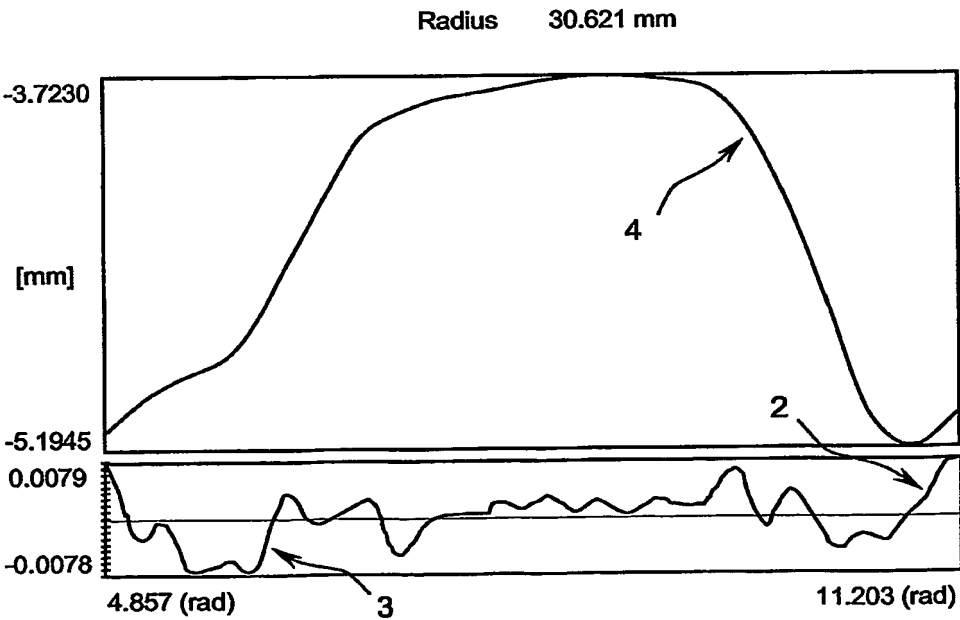


Fig.2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/051746

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 G05B19/18 G05B19/19

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G05B B24B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 02/37168 A (DAC INTERNATIONAL, INC) 10 May 2002 (2002-05-10) abstract figure 3 page 4, line 15 - line 25 page 9, line 8 - line 29 page 10, line 7 - line 15	1,6, 13-16,18
A		

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July 2005

Date of mailing of the international search report

27/07/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Salvador, D

### Information on patent family members

PCT/EP2005/051746

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2004)

# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/051746

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G05B19/18 G05B19/19

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G05B B24B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 02/37168 A (DAC INTERNATIONAL, INC.) 10. Mai 2002 (2002-05-10) Zusammenfassung Abbildung 3 Seite 4, Zeile 15 - Zeile 25 Seite 9, Zeile 8 - Zeile 29 Seite 10, Zeile 7 - Zeile 15	1,6, 13-16,18
A		



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Juli 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/07/2005.

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Salvador, D

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/051746

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (Januar 2004)